

SUBSTRATE-PROTECTED ELECTRODE-ELECTROLYTE UNIT**Publication number:** DE19960674**Publication date:** 2001-07-05**Inventor:** FLESCH UDO (DE); BUCHKREMER HANS (DE); BLAS GUENTER (DE); MESCHKE FRANK (DE); STOEVEER DETLEF (DE)**Applicant:** KERNFORSCHUNGSANLAGE JUELICH (DE)**Classification:**

- international: H01M8/02; H01M8/12; H01M8/24; H01M4/86; H01M4/90; H01M8/02; H01M8/12; H01M8/24; H01M4/86; H01M4/90; (IPC1-7): H01M4/88; H01M8/02

- European: H01M8/02H; H01M8/12B2; H01M8/12B2S; H01M8/24B2H

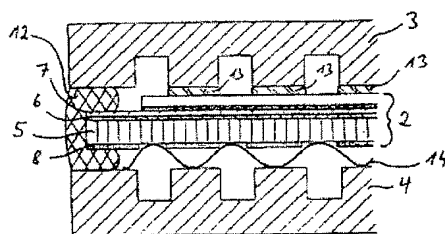
Application number: DE19991060674 19991215**Priority number(s):** DE19991060674 19991215**Also published as:**

WO0145186 (A3)
WO0145186 (A2)
WO0143524 (A2)
EP1240681 (A0)
EP1240681 (B1)

Report a data error here

Abstract of DE19960674

The different expansion coefficients between a solid electrolyte layer and an electrode substrate can cause permanent curvatures in the finished substrate-electrode-solid electrolyte layer unit, especially during the production of the solid electrolyte layer, or cause curvatures in the entire electrode-electrolyte unit during the reduction process. The invention provides a means of preventing unwanted curvatures. The electrode-electrolyte unit (2) has a stress relief layer (8) on the side of the substrate (5) facing away from the solid electrolyte layer (7), this stress relief layer having the same heat-related expansion and contraction characteristics as the solid electrolyte layer (7). The stress relief layer (8) can consist of the same material as the solid electrolyte layer (7) and can have holes (9) to allow the passage of fuel. The invention also relates to fuel cells.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 60 674 A 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 M 4/88
H 01 M 8/02

21 Aktenzeichen: 199 60 674.9
22 Anmeldetag: 15. 12. 1999
43 Offenlegungstag: 5. 7. 2001

DE 199 60 674 A 1

71 Anmelder:
Forschungszentrum Jülich GmbH, 52428 Jülich, DE
74 Vertreter:
W. König und Kollegen, 52064 Aachen

72 Erfinder:
Flesch, Udo, Dr., 52428 Jülich, DE; Buchkremer,
Hans, Dr., 52525 Heinsberg, DE; Blaß, Günter, 52249
Eschweiler, DE; Meschke, Frank, Dr., 52428 Jülich,
DE; Stöver, Detlef, Prof. Dr., 52382 Niederzier, DE

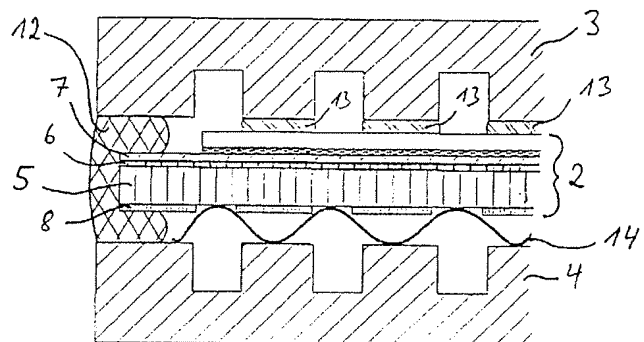
56 Entgegenhaltungen:
DE 41 32 584 C2
EP 07 88 175 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Substratgestützte Elektroden-Elektrolyt-Einheit

57 Aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten zwischen einer Festelektrolytschicht und einem Elektrodensubstrat kommt es insbesondere bei der Herstellung der Festelektrolytschicht zu bleibenden Krümmungen in der dann bestehenden Substrat-Elektrode-Festelektrolytschicht-Einheit sowie ggf. bei Reduktionsverfahren zu Krümmungen der gesamten Elektroden-Elektrolyt-Einheit. Mit der Erfindung ist die Möglichkeit gegeben, die unerwünschten Krümmungen zu verhindern. Die Elektroden-Elektrolyt-Einheit (2) weist auf der der Festelektrolytschicht (7) abgewandten Seite des Substrats (5) eine Spannungsausgleichsschicht (8) auf, die das gleiche thermisch bedingte Ausdehnungs- und Schrumpfungsverhalten wie die Festelektrolytschicht (7) zeigt. Die Spannungsausgleichsschicht (8) kann aus dem gleichen Material wie die Festelektrolytschicht (7) bestehen und Löcher (9) für den Durchlass des Brennmittels aufweisen. Brennstoffzellen.



DE 199 60 674 A 1

Die Erfindung betrifft eine substratgestützte Elektroden-Elektrolyt-Einheit, umfassend eine mittels Beschichtung auf ein Substrat aufgetragene poröse Elektrode und eine mittels Beschichtung auf der Elektrode aufgetragene Festelektrolytschicht.

Eine in einer Brennstoffzelle einsatzfähige substratgestützte Elektroden-Elektrolyt-Einheit weist neben dem Substrat, der Elektrode und der Festelektrolytschicht noch eine Gegenelektrode auf, die unmittelbar auf der Festelektrolytschicht aufgebracht ist oder auf einer Zwischenschicht, die in stofflicher Hinsicht zwischen der Festelektrolytschicht und der Gegenelektrode vermittelt. Die Porosität von Substrat, zugehöriger Elektrode sowie der Gegenelektrode ermöglichen den Zugang von Brenn- bzw. Oxidationsmittel zur Festelektrolytschicht, durch die ein Ionenaustausch stattfindet. Eine solche Elektroden-Elektrolyt-Einheit ergibt sich aus der auf ein Verfahren zur Herstellung einer dünnen Festelektrolytschicht auf einer porösen Elektrode gerichteten DE 196 09 418 C2 und dem darin zitierten Stand der Technik.

Bei den bekannten Elektroden-Elektrolyt-Einheiten weisen der Festelektrolyt und das Substrat in der Regel unterschiedliche Ausdehnungskoeffizienten auf. Beispielhaft sei hier ein Substrat aus NiO und Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid (YSZ), eine Elektrode aus dem gleichen Material sowie ein Festelektrolyt aus YSZ angenommen. Wegen der unterschiedlichen Materialien für das Substrat bzw. die Anode und die Festelektrolytschicht können sich Probleme bei der Herstellung und weiteren Behandlung der Elektroden-Elektrolyt-Einheit ergeben. So tritt wegen des unterschiedlichen Schrumpfungsverhaltens des Substrates und des Elektrolyten eine erstmalige und nachhaltige, nicht vermeidbare Krümmung bereits während der Herstellung bei einem Kosinterprozess auf. Die Elektroden-Elektrolyt-Einheit kann unter Krafteinwirkung bei hohen Temperaturen wieder weitgehend geebnet werden. Das unterschiedliche thermische Ausdehnungsverhalten bewirkt jedoch bei Temperaturänderungen, etwa dem Abkühlen, eine sogenannte thermoelastische Verkrümmung. Durch diese Gestaltänderung verkompliziert sich im hohen Maße das Assemblieren, d. h. das Kontaktieren der Elektroden-Elektrolyt-Einheit zwischen den Interkonnektoren eines Brennstoffzellenstapels. In der Regel müssen hohe Fügelasten für eine zuverlässige Kontaktierung aufgewendet werden. Bei Elektroden-Elektrolyt-Einheiten mit NiO-Anteilen in Substrat und/oder Elektrode ist nach dem Einbau in den Stapel zusätzlich eine Reduktion des NiO zu Ni notwendig, damit das Substrat und die Elektrode leitend werden. Diese Reduktion führt zu einer weiteren Verkrümmung der Elektroden-Elektrolyt-Einheit, bei der es zum Aufbrechen der beim Assemblieren hergestellten elektrischen Kontakte zwischen Interkonnektor und Elektroden-Elektrolyt-Einheit kommen kann. Das "thermoelastische Eigenleben" und das Reduktionsverhalten der Elektroden-Elektrolyt-Einheit können eine gravierende Funktionsbeeinträchtigung der Brennstoffzelle zur Folge haben.

Es ist nun Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Elektroden-Elektrolyt-Einheit zur Verfügung zu stellen, mit der die vorgenannten Nachteile vermieden werden können und die keine Gestaltänderung bei Temperaturwechsel zeigt.

Bei einer Elektroden-Elektrolyt-Einheit der eingangs genannten Art wird diese Aufgabe dadurch gelöst, dass auf der der Festelektrolytschicht abgewandten Seite des Substrats eine zumindest stellenweise für ein einzusetzendes fluides Brenn- oder Oxidationsmittel durchlässige Spannungsausgleichsschicht aufgebracht ist, wobei die Spannungsausgleichsschicht und die Festelektrolytschicht in einem für die

Herstellung und für den Betrieb der Elektroden-Elektrolyt-Einheit notwendigen Temperaturbereich ein im wesentlichen gleiches thermisch bedingtes Ausdehnungs- und Schrumpfungsverhalten aufweisen.

Da damit auf beiden Seiten des Substrats im thermischen Verhalten übereinstimmende Schichten aufgebracht sind, also ein symmetrischer Aufbau gegeben ist, werden Krümmungen der substratgestützten Elektroden-Elektrolyt-Einheit aufgrund von unterschiedlichen Ausdehnungs- und Schrumpfungsverhalten weitgehend unterbunden.

Die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit kann auch so ausgebildet sein, dass die Spannungsausgleichsschicht eine geschlossene, durchgehende Löcher aufweisende Netzwerkstruktur bildet. Bereits die Löcher bewirken eine Fluiddurchlässigkeit der Spannungsausgleichsschicht. Hierdurch kann eine hinreichende Brenn- oder Oxidationsmittelzufuhr auch dann gewährleistet werden, wenn das Material der Spannungsausgleichsschicht an sich für das eingesetzte Fluid nicht durchlässig ist. Dies ist zum Beispiel dann gegeben, wenn die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit so ausgebildet wird, dass die Spannungsausgleichsschicht aus dem gleichen Material besteht wie die Festelektrolytschicht. In diesem Fall ist übereinstimmendes Ausdehnungs- und Schrumpfungsverhalten von Festelektrolytschicht und Spannungsausgleichsschicht gewährleistet. Damit die bei Ausdehnung oder Schrumpfung von der Spannungsausgleichsschicht auf das Substrat wirkenden Spannungen, die von der Elektrolytschicht ausgehen, im wesentlichen gleich sind, sollte die Spannungsausgleichsschicht wegen der dort vorhandenen Löcher und dem damit verbundenen niedrigeren E-Modul stärker ausgebildet werden als die Elektrolytschicht. Der Unterschied in den Schichtdicken sollte dabei mit wachsendem Anteil der Lochfläche und Porosität an der gesamten Spannungsausgleichsschicht zunehmen.

Weiterhin kann die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit so ausgebildet sein, dass die von den Löchern gebildete Durchtrittsfläche für Brenn- oder Oxidationsmittel pro Flächeneinheit in Strömungsrichtung der Brenn- oder Oxidationsmittel gesehen zunimmt. Hierdurch kann erreicht werden, dass das noch unverbrauchte Brenn- oder Oxidationsmittel lateral so verteilt wird, dass sich eine homogene Brennmittelverteilung oder unter Berücksichtigung einer endothermen Reformierungsreaktion und der exothermen Brennmitteloxidation eine gleichmäßige Temperaturverteilung in Substrat und Elektrode einstellt. Wäre die Durchtrittsfläche gleichmäßig über die Spannungsausgleichsschicht verteilt, würde in Strömungsrichtung gesehen im vorderen Bereich der Elektrode mehr Brenn- oder Oxidationsmittel umgesetzt werden als im hinteren Bereich. Geht man zum Beispiel von Methan als Brennmittel aus, würde an der Elektrode, die dann als Anode fungiert, eine Aufspaltung des Methans in Wasserstoff und Kohlenmonoxid katalysiert. Diese Reaktion ist sehr endotherm, so dass bei einer ungleichmäßigen Verteilung des noch unverbrauchten Methans eine entsprechend ungleichmäßige laterale Temperaturverteilung in der Elektroden-Elektrolyt-Einheit entstehen würde. Auch die sehr exotherme Brennmitteloxidation kann zu einer ungleichmäßigen Temperaturverteilung aufgrund ungleichmäßiger Zuführung der Brenn- und Oxidationsmittel führen. Damit auch auf der der Spannungsausgleichsschicht gegenüberliegenden Seite der Elektroden-Elektrolyt-Einheit eine entsprechende Verteilung der Zufuhr des Brenn- oder Oxidationsmittels erreicht wird, kann dort eine plattenförmige, ebenfalls mit Löchern versehene Abdeckung der Gegenelektrode angebracht sein. In Strömungsrichtung der Brenn- oder Oxidationsmittel gesehen sollte die Durchtrittsfläche pro Flächeneinheit von Anfang bis Ende

der Elektroden-Elektrolyt-Einheit mindestens 10%, bevorzugt mehr als 100% betragen. Die Zunahme der Durchtrittsflächendichte kann durch eine zunehmende Lochdichte und/oder eine Vergrößerung der Lochflächen erreicht werden. In diesem Zusammenhang wird auf den Offenbarungsgehalt der deutschen Patentanmeldung 198 53 911.8-45 verwiesen, die eine Abdeckung einer Elektroden-Elektrolyt-Einheit mit Lochblechen zur Beeinflussung der Verteilung von Brenn- oder Oxidationsmittel betrifft und am Anmeldetag der hier betroffenen Patentanmeldung noch nicht veröffentlicht war. Es ist auch möglich, dass – z. B. aufgrund spezieller geometrischer Gegebenheiten – eine andere als die in Anspruch 4 dargelegte Änderung der Durchtrittsfläche pro Flächeneinheit notwendig ist, um eine laterale Gleichverteilung des unverbrauchten Brennstoffs oder der Substrat- bzw. Anodentemperatur zu erreichen. Beispielsweise kann es bei Brennstoffzellenstapeln im Cross-Flow-Aufbau, d. h. mit gekreuzten Strömungsrichtungen von Brennstoff und Oxidationsmittel, sinnvoll sein, den Zuwachs der Durchtrittsfläche pro Flächeneinheit nicht in Strömungsrichtung sondern in Richtung der Winkelhalbierenden zwischen den Strömungsrichtungen oder in dazwischen liegenden Richtungen vorzusehen. Möglicherweise ist es vorteilhaft, die Durchtrittsfläche pro Flächeneinheit in einer bestimmten Richtung nicht nur stetig anwachsen zu lassen, sondern streckenweise konstant zu halten oder abfallen zu lassen.

Die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit kann auch so ausgebildet sein, dass die Löcher im wesentlichen unregelmäßig, z. B. zumindestens innerhalb von Teilbereichen der Spannungsausgleichsschicht statistisch, über die Spannungsausgleichsschicht verteilt sind. Eine geordnete Verteilung der Löcher, zum Beispiel in Reihen mit konstantem Abstand, könnte bei einem Ausdehnungs- oder Schrumpfungsprozess zu einer entsprechend wellenförmig verzogenen Elektroden-Elektrolyt-Einheit führen. Zumindest bei einer hohen Anzahl von Löchern kann insbesondere eine statistische Verteilung derartige Effekte verhindern. Im Falle einer in Strömungsrichtung des Brenn- oder Oxidationsmittels zunehmenden Durchtrittsfläche pro Flächeneinheit können in unterschiedlichen Teilbereichen der Spannungsausgleichsschicht die Löcher z. B. unterschiedliche Durchmesser aufweisen oder in unterschiedlicher Dichte vorliegen. Innerhalb jedes Teilbereichs kann die Verteilung der Löcher wiederum statistisch sein.

Die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit kann auch so ausgebildet sein, dass das Substrat in die Löcher der Spannungsausgleichsschicht hineinragt. Das Substrat muss in der Brennstoffzelle elektrisch kontaktiert werden. Dies kann durch die Löcher hindurch mit einem metallischen Netz, zum Beispiel aus Nickel, erfolgen. Wenn das Substrat an den Orten der Löcher erhöht ist, also in die Löcher hineinragt, wird die Kontaktierung erleichtert.

Weiterhin kann die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit so ausgebildet sein, dass die Spannungsausgleichsschicht aus einem porösen Material besteht. In diesem Fall kann die Zufuhr des Brenn- oder Oxidationsmittels durch die Poren der Spannungsausgleichsschicht erfolgen. Zusätzliche Löcher sind dann nicht erforderlich, wenn die Spannungsausgleichsschicht elektrisch leitend ist. Ansonsten sind Löcher für die elektrische Kontaktierung des Substrats vorzusehen.

Dabei kann die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit auch so ausgebildet sein, dass die Porosität in Strömungsrichtung eines Brenn- oder Oxidationsmittels gesehen zunimmt. Hierdurch kann eine laterale Gleichverteilung der Brenn- oder Oxidationsmittel bzw. der Temperatur auch dann erreicht werden, wenn in der Spannungsausgleichsschicht keine Löcher vorgesehen sind. Im übrigen wird auf

die Ausführungen zur Ausbildungsform gemäß Anspruch 4 verwiesen. Insbesondere können auch hier andere Varianten der Porositätsänderung entsprechend zu den oben dargestellten Alternativen in der Änderung der Durchtrittsfläche pro Flächeneinheit vorgesehen werden.

Schließlich kann die erfindungsgemäße Elektroden-Elektrolyt-Einheit auch so ausgebildet sein, dass die unmittelbar auf das Substrat aufgebrachte Elektrode als Anode dient.

Im folgenden ist eine vorteilhafte Ausbildungsform der erfindungsgemäßen Elektroden-Elektrolyt-Einheit anhand von Figuren dargestellt.

Es zeigt schematisch:

Fig. 1: den aus Substrat, Anode, Festelektrolytschicht und Spannungsausgleichsschicht bestehenden Teil einer Elektroden-Elektrolyt-Einheit in Aufsicht auf die Festelektrolytschicht, im seitlichen Querschnitt und in Aufsicht auf die Spannungsausgleichsschicht und

Fig. 2: ausschnittsweise die Elektroden-Elektrolyt-Einheit zwischen zwei Interkonnektoren eines Brennstoffzellenstapels im Co-Flow-Aufbau.

Fig. 1(b) zeigt im seitlichen Querschnitt eine Teileinheit 1 einer Elektroden-Elektrolyt-Einheit 2, wie sie in **Fig. 2**, eingebaut zwischen zwei Interkonnektoren 3 und 4 eines Brennstoffzellenstapels, dargestellt ist. Die Teileinheit 1 besteht aus einem Substrat 5, einer Anode 6, einer Festelektrolytschicht 7 und einer Spannungsausgleichsschicht 8, in der Löcher 9 vorhanden sind.

Fig. 1(a) zeigt die Teileinheit 1 in Aufsicht auf die Festelektrolytschicht 7, **Fig. 1(c)** mit Sicht auf die Löcher 9 aufweisende Spannungsausgleichsschicht 8. In dem in **Fig. 1** dargestellten Herstellungsstadium der Elektroden-Elektrolyt-Einheit 2 besteht das Substrat aus Yttrium-stabilisiertem Zirkonoxid (YSZ), d. h. im vorliegenden Falle aus $\text{ZrO}_2 + 8 \text{ mol\% } \text{Y}_2\text{O}_3$, und NiO. Das Substrat wird mit dem Coat-Mix®-Verfahren aus einem Pulver durch uniaxiales Warmpressen, Entbindern und Vorsintern hergestellt und weist eine Porosität von etwa 30% auf. Das Coat-Mix®-Verfahren ist in der DE 196 18 815 A1 offenbart. Die etwa 5 µm dicke Anode 6 besteht aus dem gleichen Material und ist mittels Vakuum-Schlicker-Guss-Verfahren (VSG-Verfahren, siehe DE 196 09 418 C2) auf das etwa 500 µm bis 1500 µm dicke Substrat aufgebracht worden. Beim VSG-Verfahren wird das NiO und YSZ zusammen mit einem Binder in einer Suspension auf das Substrat gebracht. Das Lösungsmittel der Suspension, zum Beispiel Ethanol, kann durch das poröse Substrat 5 hindurch abfließen und verdampfen. Die Substrat-Anode-Einheit wird getrocknet sowie in einem Schritt entbindert und vorgesintert.

Anschließend wird die aus YSZ bestehende Festelektrolytschicht 7 ebenfalls durch das VSG-Verfahren aufgebracht. Die Sinterung wird bei etwa 1000°C durchgeführt. Hiernach wird, wiederum im VSG-Verfahren die Spannungsausgleichsschicht 8 auf das Substrat 5 gebracht. Die Festelektrolytschicht 7 ist nach der bisherigen Behandlung noch porös, so dass das Lösungsmittel der Suspension durch Substrat 5, Anode 6 und Festelektrolytschicht 7 hindurchfließen kann. Die Löcher 9 werden bereitgestellt, indem beim Aufbringen der Suspension für die Spannungsausgleichsschicht 8 die entsprechenden Stellen z. B. mit einem Kleber, einem Harz, einem Wachs, einfachen Papieraufklebern, oder auch mit einer mechanischen Maske oder Stempeln aus flexiblen Material abgedeckt werden.

Anschließend wird die Teileinheit 1 bei 1300°C bis 1400°C gesintert, wobei das auf das Substrat aufgebrachte Material zur Herstellung der Löcher 9 rückstandslos verbrennen muss.

Alternativ zum VSG-Verfahren ist es auch möglich, die Festelektrolytschicht 7 und die Spannungsausgleichsschicht

8 durch Siebdruck, Schablonendruck oder WPS (Wet Powder Spraying oder Nasspulverspritzen) aufzubringen. Das WPS-Verfahren ist im deutschen Patent DE 41 20 706 C2 offenbart. Im Falle der Herstellung der Spannungsausgleichsschicht 8 durch das Siebdruckverfahren wäre das Sieb dort abzudecken, wo die Löcher 9 entstehen sollen. Bei Anwendung des WPS-Verfahrens ist das Substrat 5 an den Stellen der Löcher 9 so wie beim VPS-Verfahren abzudecken.

Um die komplette Elektroden-Elektrolyt-Einheit 2 zu erhalten, wird auf die Festelektrolytschicht 7 noch mittels Nasspulverspritzen (WPS) eine Kathodenzwischenschicht 10 (ca. 10 µm) aus $\text{La}_{0,65}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ und YSZ sowie eine Kathodenschicht 11 (ca. 40 µm) aus $\text{La}_{0,65}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$ eingebracht. Die Elektroden-Elektrolyt-Einheit 2 wird nun mittels eines Dichtungsmaterials 12, z. B. Glaslot zwischen die Interkonnektoren 3 und 4 eines Brennstoffzellenstapels eingebaut (Fig. 2). Nach dem Einbau wird die Elektroden-Elektrolyt-Einheit 2 einem Reduziervorgang zur Reduktion des NiO zu Ni unterworfen, damit Substrat 5 und Anode 6 elektrisch leitend werden. Kontaktschichten 13 sorgen für einen elektrischen Kontakt zwischen Kathodenschicht 11 und Interkonnektor 3, während der elektrische Kontakt zwischen dem Substrat 5 und dem Interkonnektor 4 mittels eines Metallnetzes 14, z. B. aus Nickel hergestellt wird, dessen Drähte oder durch Prägung eingebrachte Wölbungen in die Löcher 9 der Spannungsausgleichsschicht 8 hineinragen.

Bezugszeichenliste

1 Teileinheit	
2 Elektroden-Elektrolyt-Einheit	
3 Interkonnektor	
4 Interkonnektor	
5 Substrat	35
6 Anode	
7 Festelektrolytschicht	
8 Spannungsausgleichsschicht	
9 Loch	
10 Kathodenzwischenschicht	40
11 Kathodenschicht	
12 Dichtungsmaterial	
13 Kontaktschicht	
14 Metallnetz	45

Patentansprüche

1. Substratgestützte Elektroden-Elektrolyt-Einheit, umfassend eine mittels Beschichtung auf ein Substrat (5) aufgebrachte poröse Elektrode (6) und eine mittels Beschichtung auf der Elektrode aufgebrachte Festelektrolytschicht (7), **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der der Festelektrolytschicht (7) abgewandten Seite des Substrats (S) eine zumindest stellenweise für ein einzusetzendes fluides Brenn- oder Oxidationsmittel durchlässige Spannungsausgleichsschicht (8) aufgebracht ist, wobei die Spannungsausgleichsschicht (8) und die Festelektrolytschicht (7) in einem für die Herstellung und für den Betrieb der Elektroden-Elektrolyt-Einheit notwendigen Temperaturbereich ein im wesentlichen gleiches thermisch bedingtes Ausdehnungs- und Schrumpfungsverhalten aufweisen.
2. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsausgleichsschicht (8) eine geschlossene, durchgehende Löcher (9) aufweisende Netzwerkstruktur bildet.
3. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsausgleichs-

schicht (8) aus dem gleichen Material besteht wie die Festelektrolytschicht (7).

4. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die von den Löchern (9) gebildete Durchtrittsfläche für Brenn- oder Oxidationsmittel pro Flächeneinheit in Strömungsrichtung der Brenn- oder Oxidationsmittel gesehen zunimmt.

5. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Löcher (9) im wesentlichen unregelmäßig, z. B. zumindestens innerhalb von Teilbereichen der Spannungsausgleichsschicht (8) statistisch, über die Spannungsausgleichsschicht (8) verteilt sind.

6. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Substrat (5) in die Löcher (9) der Spannungsausgleichsschicht (8) hineinragt.

7. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Spannungsausgleichsschicht (8) aus einem porösen Material besteht.

8. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Porosität in Strömungsrichtung eines Brenn- oder Oxidationsmittels gesehen zunimmt.

9. Elektroden-Elektrolyt-Einheit nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die unmittelbar auf das Substrat (5) aufgebrachte Elektrode (6) als Anode dient.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

